

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

JC927 U.S. PTO  
09/994659  
11/28/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 5月31日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-165068

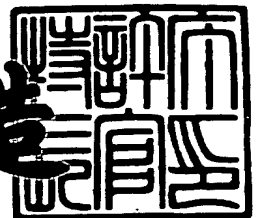
出 願 人  
Applicant(s):

株式会社豊田中央研究所  
豊田合成株式会社

2001年 8月17日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3072673

【書類名】 特許願

【整理番号】 TCP-00075

【提出日】 平成13年 5月31日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 6/30

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1 番地の1 株式  
                        会社豊田中央研究所内

    【氏名】 加藤 覚

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1 番地の1 株式  
                        会社豊田中央研究所内

    【氏名】 前田 光俊

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1 番地の1 株式  
                        会社豊田中央研究所内

    【氏名】 米村 正寿

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1 番地の1 株式  
                        会社豊田中央研究所内

    【氏名】 中條 直也

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1 番地の1 株式  
                        会社豊田中央研究所内

    【氏名】 和田 隆志

【発明者】

    【住所又は居所】 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道4 1 番地の1 株式  
                        会社豊田中央研究所内

    【氏名】 伊藤 博

【発明者】

【住所又は居所】 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑 1 番地豊田合成  
株式会社内

【氏名】 福本 滋

【特許出願人】

【識別番号】 000003609

【氏名又は名称】 株式会社豊田中央研究所

【特許出願人】

【識別番号】 000241463

【氏名又は名称】 豊田合成株式会社

【代理人】

【識別番号】 100079049

【弁理士】

【氏名又は名称】 中島 淳

【電話番号】 03-3357-5171

【選任した代理人】

【識別番号】 100084995

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 和詳

【電話番号】 03-3357-5171

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 006839

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102478

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光導波路の形成方法、及び光送受信モジュール

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 内部に所定波長の通信用の光ビームを発光及び受光する発光素子及び受光素子を備え、光信号を送受信する光送受信モジュール内の光導波路の形成方法であって、

前記光送受信モジュール内の前記光導波路を形成する空間領域に、予め定められた所定波長の光導波路形成用の光ビームが導入されることによって、光軸方向に硬化する光硬化性樹脂溶液を充填し、

前記光送受信モジュールの光入出力口から光ファイバの一端を挿入し、

前記発光素子を発光させて、前記通信用の所定波長の光ビームを出力し、

出力された前記通信用の所定波長の光ビームのうち、前記光ファイバを介して、前記送受信モジュールの外部へ出力される出力光量を検出しながら、

該出力光量が略最大となる方向に、前記光ファイバの光入出力軸線方向を調整した後、

前記調整後の前記光ファイバの光入出力軸線方向を維持しつつ、前記光ファイバの他端から前記光導波路形成用の所定波長の光ビームを前記光送受信モジュール内へ向けて入射する、

ことを特徴とする光導波路の形成方法。

【請求項 2】 前記光硬化性樹脂溶液は、前記所定波長より硬化開始波長が長い第 1 の光硬化性樹脂溶液と、前記所定波長より硬化開始波長が短い第 2 の光硬化性樹脂溶液との混合液であり、

前記光源からの前記所定波長の光ビームによって、前記第 1 の光硬化性樹脂溶液のみを硬化させて軸状のコア部を形成した後、前記混合液の周囲から前記第 1 及び第 2 の光硬化性樹脂溶液を硬化させる波長帯で光を照射し、前記コア部の周囲に、前記コア部の屈折率よりも小さい屈折率を有するクラッド部を作成する、

ことを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路の形成方法。

【請求項 3】 前記光ファイバの一端を前記光硬化性樹脂溶液内に浸した状態で光導波路を作成する、

ことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の光導波路の形成方法。

【請求項 4】 第 1 の電気信号、及び前記第 1 の電気信号に関係する第 2 の電気信号を外部と入出力するための電気信号入出力手段と、

前記第 1 の電気信号及び前記第 2 の電気信号を第 1 の光信号及び第 2 の光信号にそれぞれ変換すると共に、前記第 1 の光信号及び第 2 の光信号を前記第 1 の電気信号及び第 2 の電気信号にそれぞれ逆変換するための変換手段と、

前記第 1 の光信号を光ファイバに入出力するための第 1 の光信号入出力手段と

前記第 2 の光信号を前記第 1 の光信号と同一の前記光ファイバに、前記第 1 の光信号とは異なる波長で入出力するための第 2 の光信号入出力手段と、

前記光ファイバと前記第 1 の光信号入出力手段との間、及び前記光ファイバと前記第 2 の光信号入出力手段との間に、請求項 1 乃至請求項 3 の何れか 1 項に記載の光導波路の形成方法によって光導波路が形成された光伝搬手段と、

を備えた光送受信モジュール。

【請求項 5】 前記第 2 の光信号入出力手段は、前記第 1 の光信号入出力手段及び前記第 2 の光信号入出力手段から出力された波長の異なる 2 つの光信号を合成して前記光ファイバに入力すると共に、前記光ファイバを伝送してきた前記波長の異なる 2 つの光信号を分離する合成分離手段を含む、

ことを特徴とする請求項 4 に記載の光送受信モジュール。

【請求項 6】 前記第 1 の光信号入出力手段及び前記第 2 の光信号入出力手段の少なくとも一方に対して設けられ、前記光ファイバへの入力用の光信号を光伝送媒体へ案内すると共に、前記光ファイバからの出力用の光信号を分離する案内分離手段を更に有する、

ことを特徴とする請求項 4 又は請求項 5 に記載の光送受信モジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光導波路の形成方法、及び光送受信モジュールに係わり、内部に所定波長の通信用の光ビームを発光及び受光する発光素子及び受光素子を備え、光

信号を送受信する光送受信モジュール内の光導波路の形成方法、及び光送受信モジュールに関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

近年、電気信号を送受信するメタルケーブルに代わって、光ファイバを用いて、光によって信号を送受信する所謂光ケーブルが実用化されている。光ケーブルは、一般に、光ファイバの端部に、光源としてLD等の発光素子と光検出器としてPD等の受光素子とを一体化した光送受信モジュールが設けられており、該光送受信モジュールによって光ファイバに光を入出力することで、光ファイバを介した光信号の送受信が実現される。

【 0 0 0 3 】

この光送受信モジュールには、単一波長の光信号のみを送受信するタイプと、複数波長の光信号を送受信可能なタイプとがある。このうち単一波長の光信号を送受信するタイプについては、既に、三菱レイヨン株式会社からRS232C光モデムとして製品化もされている。

【 0 0 0 4 】

ところで、光送受信モジュールには、例えば、特開2000-131542号公報に記載されているように、集光レンズ、回折格子、コリメータレンズ等の所謂バルク光学部品を組合せて、伝送媒体である光ファイバに対して発光素子や受光素子を光学的に結合させるものがある。しかしながら、このようなバルク光学部品の組合せでは、光学部品での光の散乱等のため、光量損失を抑えるには限界があり、光ファイバに対して、発光素子や受光素子を効率良く結合することができない。

【 0 0 0 5 】

このため、特開2000-214345号公報、及び特開2000-241642号公報に記載されているように、光導波路を介して、光ファイバと発光素子及び受光素子を結合する必要がある、特開2000-199830号公報には、光導波路にプラスチックファイバを用いるための技術が検討されている。また、特開2000-214345、及び特開2000-199830号公報に記載の

技術では、単線（１本の光ファイバ）での双方向通信を行うための技術が検討されている。

【 0 0 0 6 】

この光導波路を介した結合の技術として、特開 2 0 0 0 - 4 7 0 5 5 号公報では、位置合わせパターンを用いて、表面に形成されたクラッド層によって内部に光導波路が形成された光導波路基板を、光ファイバ固定用の V 字溝が形成された基台に取り付ける技術が提案されている。

【 0 0 0 7 】

また、特開 2 0 0 0 - 3 4 7 0 4 3 号公報では、光硬化性樹脂溶液を利用して、光ファイバの先端に光導波路を形成する技術（以下、「自己形成技術」という）が提案されている。

【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、特開 2 0 0 0 - 4 7 0 5 5 公報に記載の技術では、V 字溝を形成した基台に光導波路基板を取り付けるため、モジュールの小型化に限界があり、また取り付け後に、光導波路、光ファイバ、及び受発光素子の各々の光軸を互いに合わせる調整作業が必要であった。このため、作業工数が多く、コストが高くなってしまいうという問題があった。

【 0 0 0 9 】

また、特開 2 0 0 0 - 3 4 7 0 4 3 号公報のような自己形成技術を用いた場合は、光導波路と光ファイバとの結合には光軸調整を行う必要ないが、受発光素子との結合には、やはり、光導波路形成後に、形成された光導波路に対して、受発光素子の光軸を調整しなければならなかった。

【 0 0 1 0 】

本発明は上記問題点を解消するためになされたもので、形成後の光軸調整が不要な光導波路の形成方法、及びこの方法によって作成された光送受信モジュールを提供することを目的とする。

【 0 0 1 1 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、請求項 1 に記載の発明は、内部に所定波長の通信用の光ビームを発光及び受光する発光素子及び受光素子を備え、光信号を送受信する光送受信モジュール内の光導波路の形成方法であって、前記光送受信モジュール内の前記光導波路を形成する空間領域に、予め定められた所定波長の光導波路形成用の光ビームが導入されることによって、光軸方向に硬化する光硬化性樹脂溶液を充填し、前記光送受信モジュールの光入出力口から光ファイバの一端を挿入し、前記発光素子を発光させて、前記通信用の所定波長の光ビームを出力し、出力された前記通信用の所定波長の光ビームのうち、前記光ファイバを介して、前記送受信モジュールの外部へ出力される出力光量を検出しながら、該出力光量が略最大となる方向に、前記光ファイバの光入出力軸線方向を調整した後、前記調整後の前記光ファイバの光入出力軸線方向を維持しつつ、前記光ファイバの他端から前記光導波路形成用の所定波長の光ビームを前記光送受信モジュール内へ向けて入射する、ことを特徴としている。

## 【 0 0 1 2 】

請求項 1 に記載の発明によれば、光送受信モジュール内の前記光導波路を形成する空間領域に光硬化性樹脂溶液が充填され、且つ該光送受信モジュールの光入出力口から光ファイバの一端が挿入された状態で、発光素子を発光させる。これにより、通信用の所定波長の光ビームが該光送受信モジュール内の所定径路を通じて、光入出力口へと進行し、光ファイバの一端面に入射し、光ファイバを介して光送受信モジュールの外部へ出力される。そしてこの出力光量を検出しながら、光ファイバの光入出力軸線方向を該出力光量が略最大となる方向に調整する。

## 【 0 0 1 3 】

この調整の後、調整後のファイバの光入出力軸線方向を維持しながら、光ファイバの他端から光送受信モジュールへ向けて、光導波路形成用の所定波長の光ビームを入射することによって、前記光硬化性樹脂溶液内に光導波路形成用の光ビームを導入し、光導波路が形成されるので、形成された光導波路では略最大効率で光ビームを伝送できる。したがって、形成後の光導波路に対する、送受信モジュールの発光素子や受光素子の光軸を調整する作業を省略することができる。

## 【 0 0 1 4 】



具体的には、請求項 2 に記載されているように、前記光硬化性樹脂溶液は、前記所定波長より硬化開始波長が長い第 1 の光硬化性樹脂溶液と、前記所定波長より硬化開始波長が短い第 2 の光硬化性樹脂溶液との混合液であり、前記光源からの前記所定波長の光ビームによって、前記第 1 の光硬化性樹脂溶液のみを硬化させて軸状のコア部を形成した後、前記混合液の周囲から前記第 1 及び第 2 の光硬化性樹脂溶液を硬化させる波長帯で光を照射し、前記コア部の周囲に、前記コア部の屈折率よりも小さい屈折率を有するクラッド部を形成すれば、コア部とクラッド部を有する所謂ステップインデックス型の光導波路を形成することができる。

## 【 0 0 1 5 】

なお、請求項 3 に記載されているように、前記光ファイバの一端を前記光硬化性樹脂溶液内に浸した状態で上記の如く光導波路を作成するようにすれば、光ファイバの一端と接続した状態で光導波路が形成され、光ファイバは形成された光導波路によって固定されるので、光ファイバと光導波路の結合がずれることがない。

## 【 0 0 1 6 】

このように上記のような方法によって、内部に光導波路を形成することで、光導波路形成後に受発光素子の光軸調整を行わずとも、略最大効率で光ビームを伝送することができる、すなわち光量損失の少ない効率のよい光送受信モジュールを簡単に作成することができる。

## 【 0 0 1 7 】

具体的には、以下のような光送受信モジュールを作成することができる。すなわち、請求項 4 に記載の光送受信モジュールのように、第 1 の電気信号、及び前記第 1 の電気信号に関係する第 2 の電気信号を外部と入出力するための電気信号入出力手段と、前記第 1 の電気信号及び前記第 2 の電気信号を第 1 の光信号及び第 2 の光信号にそれぞれ変換すると共に、前記第 1 の光信号及び第 2 の光信号を前記第 1 の電気信号及び第 2 の電気信号にそれぞれ逆変換するための変換手段と、前記第 1 の光信号を光ファイバに入出力するための第 1 の光信号入出力手段と、前記第 2 の光信号を前記第 1 の光信号と同一の前記光ファイバに、前記第 1 の

光信号とは異なる波長で入出力するための第2の光信号入出力手段と、前記光ファイバと前記第1の光信号入出力手段との間、及び前記光ファイバと前記第2の光信号入出力手段との間に、請求項1乃至請求項3の何れか1項に記載の光導波路の形成方法によって光導波路が形成された光伝搬手段と、を備えている。

## 【0018】

請求項4に記載の光送受信モジュールでは、外部から入力された関連する2つの電気信号（第1の電気信号及び第2の電気信号）を同時送信するために、変換手段によって、互いに異なる波長の光信号（第1の光信号及び第2の光信号）に変換して、第1の光信号入出力手段及び第2の光信号入出力手段によって、同一の光ファイバに入射する。また、光ファイバを介して送信されてきた互いに異なる波長の光信号（第1の光信号及び第2の光信号）を電気信号（第1の電気信号及び第2の電気信号）に逆変換して外部へ出力する。

## 【0019】

このように、光によって信号を伝送することで、電磁誘導等に起因する雑音の心配がなく、装置間距離に係わらず安定した通信が可能である。具体的には、例えばIEEE1394規格に準拠した通信に利用することができる。また、外部と入出力される信号は電気信号であり、本通信装置内で電気信号と光信号の変換・逆変換を行うので、従来のメタルケーブルを使用した装置間の通信に、特別な装備を必要とせずに適用可能であることから、当該光送受信モジュールを使用する際のコスト高を防止できる。

## 【0020】

また、この光送受信モジュールは、光ファイバと第1の光信号入出力手段との間、及び光ファイバと第2の光信号入出力手段との間に請求項1乃至請求項3の何れか1項に記載の光導波路の形成方法によって光導波路が形成された光伝搬手段を備えており、光伝搬手段によって、光ファイバを介して外部と送受信される第1及び第2の光信号を効率良く光ファイバに入出力することができる。

## 【0021】

このとき、外部装置との接続のために、光ファイバの他端を光送受信モジュールの筐体から所定長だけ突出させた所謂ピグテール型とすることが好ましい。

## 【 0 0 2 2 】

また、請求項 5 に記載されているように、前記第 2 の光信号入出力手段は、前記第 1 の光信号入出力手段及び前記第 2 の光信号入出力手段から出力された波長の異なる 2 つの光信号を合成して前記光ファイバに入力すると共に、前記光ファイバを伝送してきた前記波長の異なる 2 つの光信号を分離する合成分離手段を含むようにするとよい。

## 【 0 0 2 3 】

これにより、第 2 の光信号入出力手段は、合成分離手段によって、信号を送信する際は、互いに波長の異なる第 1 の光信号及び第 2 の光信号が合成されて光ファイバに入力され、信号を受信する際は、合成されて光ファイバを伝送してきた第 1 の光信号及び第 2 の光信号が各々に分離される。したがって、同一の光ファイバを介した、第 1 の光信号及び第 2 の光信号の通信を簡便に提供することができる。なお、このような合成分離手段は、例えば波長フィルタで実現することができる。

## 【 0 0 2 4 】

また、請求項 6 に記載されているように、前記第 1 の光信号入出力手段及び前記第 2 の光信号入出力手段の少なくとも一方に対して設けられ、前記光ファイバへの入力用の光信号を光ファイバへ案内すると共に、前記光ファイバからの出力用の光信号を分離する案内分離手段を更に有するようにするとよい。

## 【 0 0 2 5 】

これにより、第 1 の光信号入出力手段及び前記第 2 の光信号入出力手段の少なくとも一方に対して設けられた案内分離手段によって、信号を送信する際は、対応する光信号入出力手段からの光ファイバへの入力用の光信号が光ファイバへ案内され、信号を受信する際は、光ファイバからの出力用の光信号が分離されて出力（受信）される。したがって、入力用の光信号を光に効率良く入力でき、且つ光伝送媒体からの出力用の光信号を出力部で効率よく受信でき、光量損失（LOSS）の低減を図ることができる。

## 【 0 0 2 6 】

## 【発明の実施の形態】

次に、図面を参照して本発明に係る実施形態の 1 例を詳細に説明する。

【0027】

図 1 に示すように、光送受信モジュール 1 0 は、内部に LD (Laser Diode) 等の発光素子 1 2 及び PD (Photo Diode) 等の受光素子 1 4 を備え、且つその筐体 1 6 には外部と光ビームを入出力するための入出力口 1 6 A が形成されている。光送受信モジュール 1 0 は、発光素子 1 2 から出力された光ビーム LB 1 を、ビームスプリッタ、ミラー等の光学部材を介して入出力口 1 6 A へ案内し、入出力口 1 6 A から光送受信モジュール 1 0 内に入力された光ビームを光学部材を介して受光素子 1 4 へと案内するようになっている。

【0028】

この入出力口 1 6 A から、光ファイバ 1 8 の一端（以下、「端部」という）1 8 A が挿入され、且つ他端（以下「端部」という）1 8 B を筐体 1 6 の外部に残した状態で、次に説明する光導波路自己形成装置 2 0 によって、光ファイバ 1 8 の端部 1 8 A と発光素子 1 2 及び受光素子 1 4 との間の空間領域に、これらを光学的に結合する光導波路 5 0（図 4 参照）が形成される。

【0029】

[光導波路自己形成装置の詳細構成]

次に、光導波路自己形成装置 2 0 の構成を詳細に説明する。光導波路自己形成装置 2 0 は、図 2 に示すように、光導波路形成用光源 2 2、光を検出する PD 等の光検出器 2 4、光方向性結合器 2 6、光ファイバ 1 8 の端部 1 8 B を光方向性結合器 2 6 に接続するための光コネクタモジュール 2 8、及び光導波路 5 0 を形成する際に筐体 1 6 内（光導波路 5 0 を形成する空間領域）に充填される、硬化開始波長と硬化後の屈折率が異なる 2 種類の光硬化性樹脂溶液を混合させた混合液 3 0 から構成されている。

【0030】

光導波路形成用光源 2 2 は、互いに異なる波長の光を出力する 2 種類の光源、具体的には、混合液の 1 つの成分を直線状に硬化させる短波長レーザ 2 2 A、混合液 3 0 全体を硬化させる例えば紫外線ランプ 2 2 B を備えている。以下、短波長レーザ 2 2 A から出力された光ビームのことを光ビーム LB 2 と称す。

## 【0031】

光方向性結合器26は、光コネクタモジュール28を介して接続される光ファイバ18と、短波長レーザ22A及び光検出器24とを光学的に結合し、所定の分割比に応じて、光ファイバ18から短波長レーザ22Aへと進行する光ビームの全て又は一部を光検出器24へと案内する。光検出器24はこの光ビームを受光して、光ファイバ18からの出力光量をモニタする。

## 【0032】

すなわち、光方向性結合器26による結合によって、光送受信モジュール10から光ファイバ18を介して出力された光ビームLB1を光検出器24へ導くと共に、短波長レーザ22Aから出力された光ビームLB2を光ファイバ18を介して光送受信モジュール10内へと導入することができる。また、光ビームの直進性により、このときの光送受信モジュール10内での両方向の光ビームLB1、LB2の径路、すなわち光ビームの光軸は略一致する。

## 【0033】

なお、光方向性結合器26に代えて、ビームスプリッタを用いても同様の効果を得ることができる。

## 【0034】

混合液30は、例えば、例えば屈折率1.49であるエポキシ系の高屈折率光硬化性樹脂溶液と、屈折率1.34のアクリル系の低屈折率光硬化性樹脂溶液で構成される。この両者の分光感度特性を図3に示す。横軸が波長、縦軸が相対感度である。曲線Aがエポキシ系の高屈折率光硬化性樹脂溶液の分光感度特性、曲線Bがアクリル系の低屈折率光硬化性樹脂溶液の分光感度特性である。

## 【0035】

図3に示すように、上記光硬化性樹脂溶液は、それぞれの硬化開始波長が、硬化に使用する短波長レーザ22Aから出力される光ビームLB2の波長 $\lambda_1$ を挟むように選択される。また、それぞれの硬化開始波長が、光送受信モジュール10によって送受信される光ビームの波長よりも短くなるように選択され、発光素子12から出力される光ビームLB1によって、何れの光硬化性樹脂溶液も硬化させることがないようになっている。なお、光硬化性樹脂溶液は一瞬にして硬化

するものではないので、光ビームLB1、LB2を同一波長とすることも可能であるが、本実施の形態のように、光ビームLB1の波長が光硬化性樹脂溶液の硬化に影響を与えないように、光ビームLB1の波長又は溶液の感度を設定することが好ましい。

## 【0036】

以降、この屈折率の高い光硬化性樹脂溶液を溶液A、屈折率の低いそれを溶液Bと記す。

## 【0037】

一般に、異なる屈折率の溶液A、Bを混合させると、その混合液の屈折率 $n_{C1}$ は、(1)式で表される(山口、「屈折率」共立出版(1981))。

## 【0038】

$$n_{C1} = [(2M(C_A) + 1) / (1 - M(C_A))]^{1/2}$$

$$M(C_A) = C_A (\rho / \rho_A) (n_{A1}^2 - 1) / (n_{A1}^2 + 2) + (1 - C_A) (\rho / \rho_B) (n_{B1}^2 - 1) / (n_{B1}^2 + 2)$$

... (1)

ここに、 $\rho$ ：混合液の密度、 $\rho_A$ ：溶液Aの密度、 $\rho_B$ ：溶液Bの密度、 $n_{A1}$ ：溶液Aの屈折率、 $n_{B1}$ ：溶液Bの屈折率、 $C_A$ ：溶液Aの重量%である。

## 【0039】

すなわち、高屈折率 $n_{A1}$ の光硬化性樹脂溶液と低屈折率 $n_{B1}$ のそれをある比率で混合すれば、 $n_{B1} < n_{C1} < n_{A1}$ である屈折率 $n_{C1}$ の混合液30が得られる。そして、上記 $\rho \sim C_A$ のパラメータを選択すれば、その混合液の屈折率 $n_{C1}$ は一義的に決定される。また、硬化後の屈折率 $n_{C2}$ は $n_{B2} < n_{C2} < n_{A2}$ となる。ここに、 $n_{A2}$ 、 $n_{B2}$ はそれぞれ硬化後の溶液A、Bの屈折率である。

## 【0040】

## [作用]

次に、本実施の形態の作用について説明する。

## 【0041】

まず、図4(A)に示すように、光送受信モジュール10の筐体16内に混合液30を満たして、光送受信モジュール10の入出力口16Aから光ファイバ1

8の端部18Aを挿入して、その先端をこの混合液30に漬ける。この状態で、発光素子12を点灯させて、光導波路50を形成する領域内に充填された混合液30内に光ビームを出力する。

【0042】

なお、図4では、筐体16内全体に混合液30を充填した場合を示しているが、光送受信モジュール10の筐体16内の少なくとも光導波路50を形成する空間領域内、具体的には、例えば、発光素子12と入出力口16Aとの間の領域内に混合液30を満たせばよい。

【0043】

発光素子12から出力された光ビームLB1は、混合液30内を進行しながら、ビームスプリッタ、波長フィルタ等を通過して光ファイバ18の端部18A側の端面に入射する。端部18A側の端面に入射した光ビームは、光ファイバ18内を伝送し、端部18B側の端面から出力され、光コネクタモジュール28を介して光方向性結合器26に入力する。そして光ビームLB1は、光方向性結合器26によって、その一部又は全てが光検出器24へと案内され、光検出器24によって検出される。光検出器24はこのときの検出光量に応じた信号（以下、「光量信号」という）を出力する。この光量信号により、発光素子12から出力された光ビームLB1のうち、光ファイバ18を介して外部へ出力された光量を把握することができる。

【0044】

この光検出器24から出力される光量信号をモニタしながら、図4（B）、図5に示すように、光ファイバ18をX-Y方向に動かす。これにより、光ファイバ18は入出力口16Aと略一致する位置を固定点として、その軸線方向が変化し、光送受信モジュール10に対する光ファイバ18の光入出力方向（光入出力軸線方向）が変化する。この変化に伴って発光素子12から出力された光ビームLB1のうち、光ファイバ18に入射する光量が変わるので、光検出器24で検出される光量に変化する。

【0045】

そして、光量信号が示す検出光量が最大となる位置に光ファイバ18の位置を

調整する。この調整が済んだら、発光素子 1 2 を消灯する。

【 0 0 4 6 】

次に、図 4 (C) 及び図 5 に示すように、調整後の光ファイバ 1 8 の位置を維持した状態で、短波長レーザ 2 2 A を点灯して、混合液 3 0 内に光ビーム L B 2 を入射させる。すなわち、短波長レーザ 2 2 A から出力された光ビーム L B 2 は、光方向性結合器 2 6、光コネクタモジュール 2 8 を介して、光ファイバ 1 8 の端部 1 8 B 側の端面に入射する。

【 0 0 4 7 】

端部 1 8 B 側の端面に入射した光ビーム L B 2 は、光ファイバ 1 8 内を伝送し、端部 1 8 A 側の端面から光送受信モジュール 1 0 内に充填されている混合液 3 0 内に光ビームを出力される。

【 0 0 4 8 】

光ファイバ 1 8 から出力された光ビーム L B 2 は、混合液 3 0 内を調整後の光ビーム L B 1 の伝送径路を略逆流して、発光素子 1 2 へと進行する。すなわち、光ビーム L B 2 の光軸は、調整後の光ビーム L B 1 と略同一となる。また、一般的な光送受信モジュール 1 4 では、入出力口 1 6 A から内部に入力された光ビームをビームスプリッタ等で受光素子 1 4 側へ分岐し、受光素子 1 4 で該光ビームを受光することによって光信号を受信するようになっているので、このとき、一部の光ビーム L B 2 も同様に分岐されて、受光素子 1 4 側へと進行する。

【 0 0 4 9 】

ここで、短波長レーザ 2 2 A は、例えば、波長  $\lambda 1 = 325 \text{ nm}$  の He - Cd (ヘリウムカドミウム) レーザである。この波長は、上述の様に溶液 A の硬化開始波長より短く、溶液 B のそれより長い。従って、溶液 A のみ硬化させる。また、光ビーム線であるので光ビーム L B 2 はほぼ直進する。よって、混合液 3 0 中に、図 4 (D) に示す如く、光ファイバ 1 8 の先端 (端部 1 8 A) から直線状のコア部 5 0 A が形成され、受光素子 1 0 及び発光素子 1 2 と結合される。また、この時、光軸上にあった溶液 B は周囲に押しやられる。

【 0 0 5 0 】

このようにしてコア部 5 0 A が形成された後、次に、図 4 (E) に示すように



、紫外線ランプ22Bによって、波長 $\lambda_2$ の紫外線UVが周囲より一様に照射される。図3で示したように、この波長 $\lambda_2$ は、溶液A、Bの両溶液の硬化開始波長より短いので、両溶液とも硬化させることができる。これにより、コア部50Aの周囲、即ち混合液30全体が硬化されクラッド部50Bが形成され、光導波路50となる。これにより、光ファイバ18の先端（端部18A）と、発光素子12及び受光素子14とが光導波路50に結合された状態となる。

## 【0051】

この時、クラッド部50Bの硬化前の屈折率を $n_{C1}$ 、硬化後の屈折率を $n_{C2}$ とする時、コア部50Aの屈折率 $n_{A2}$ は次の式（2）の関係を有する。

## 【0052】

$$n_{A2} > n_{C2} > n_{C1} \cdots (2)$$

これは、コア部50Aの屈折率 $n_{A2}$ が、その周囲のクラッド部50Bの屈折率 $n_{C2}$ より高いステップインデックス型の光伝送路となることを意味する。従って、この光導波路50に導入された他の光ビームあるいは後述する全反射条件を満たす角度で導入された他の光は、光導波路50のコア部50A中を全反射しながら伝搬する。

## 【0053】

このように、本実施の形態では、図5に示すように、光送受信モジュール10内の光導波路50を形成したい領域に混合液30を充填し、且つ光方向性結合器26によって、光入出力口16Aから端部18Aを光送受信モジュール10内に挿入した光ファイバ18と、短波長レーザ22A及び光検出器24を光学的に結合しておき、発光素子12から光ビームLB1を出力させ、光ファイバ18を介して外部へ出力された光ビームLB1の光量が略最大となるように、光ファイバ18をX-Y方向に動かして、該光ファイバ18の光入出力方向を調整した後、短波長レーザ22Aを点灯してコア部50Aを形成し、続いて、紫外線ランプ22Bからの紫外線UVを混合液30全体に照射してクラッド部50Bを形成することで、光ファイバ18の先端と、発光素子12及び受光素子14との間に光導波路50を形成する。

## 【0054】

これにより、形成後の光導波路 5 0 は、光送受信モジュール 1 0 に対して、略最大効率で光ビームを伝送することができる。すなわち、形成後の光導波路 5 0 に対して、光送受信モジュール 1 0 内の発光素子 1 2 や受光素子 1 4 の光軸調整を行う必要がなく、内部での光量損失が少ない、すなわち光信号を効率よく送受信することできる光送受信モジュール 1 0 を作成することができる。

## 【 0 0 5 5 】

また、光ファイバ 1 8 の先端 ( 1 8 A ) を混合液 3 0 に漬けた状態で、光導波路 5 0 を形成することで、形成されたクラッド部 5 0 B によって光ファイバ 1 8 を固定することができる。これにより、筐体 1 6 から光ファイバ 1 8 の他端 1 8 B が突出された状態で光送受信モジュール 1 0 に光ファイバ 1 8 が一体成形された所謂ピグテール ( Pig-Tail ) 型のデバイスを簡単に作成することができる。

## 【 0 0 5 6 】

このピグテール型の光送受信モジュール 1 0 間で双方向通信を行う場合は、図 6 に示す如く、光コネクタ 5 4 によって、各々の光送受信モジュール 1 0 の光ファイバ 1 8 を接続して用いればよい。また、長距離間の光通信を行う場合も、各々の光送受信モジュール 1 0 の光ファイバ 1 8 の間に、光コネクタ 5 4 によって別の光ファイバ 6 0 を接続すれば、通信距離を簡単に延長することができる。また、このように光ファイバ 6 0 によって延長可能であるので、筐体 1 6 から突出させる光ファイバ 1 8 の長さは例えば、1 0 c m 程度と短くてよい。

## 【 0 0 5 7 】

なお、光送受信モジュール 1 0 は、外部と光信号を送受信するものであれば如何なる形態のものでもよく、以下に実施例として、2 つの異なる波長の光ビームで同時に 2 種類の光信号を送受信可能な光送受信モジュールについて説明する。

## 【 0 0 5 8 】

## [ 実施例 ]

図 7 に示す光送受信モジュール 1 0 は、光ファイバ 1 8 の端面へ光信号を入出力する入出力モジュール 4 0 と、外部装置との間で電気信号の入出力を行うために、外部装置と接続される電気信号入出力手段としてのコネクタ 4 2 と、変換手段としての駆動・処理回路 4 4 とを備えている。

## 【0059】

入出力モジュール40の筐体には開口40Aが形成されており、本実施例では、光送受信モジュール10自体の筐体16の光入出力口16Aを貫通して光ファイバ18の一端部18Aがこの開口40Aに挿入して光導波路50を形成する。

## 【0060】

また、入出力モジュール40は、第1及び第2の光信号入出力手段として、2対の発光素子12及び受光素子14を備えている。なお、以下では、一方の対を発光素子12A及び受光素子14A、他方の対を発光素子12B及び受光素子14Bと称す。

## 【0061】

発光素子12A、12Bは、互いに異なる波長 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ の光ビームを出力する。本実施の形態では、具体的に、発光素子12Aは、波長 $\lambda_3 = 650\text{ nm}$ の光ビームを出力し、発光素子12Bは、波長 $\lambda_4 = 520\text{ nm}$ の光ビームを出力するようになっている。これは、一般的なPOFは、光量損失が低い波長帯（所謂窓）が $650\text{ nm}$ 、 $550 \sim 470\text{ nm}$ に存在するためである。

## 【0062】

受光素子14A、14Bは、それぞれの受光面に入射した光ビームを受光し、当該受光量に応じた電気信号を出力する。なお、以下では、この電気信号のことを受光信号と称す。

## 【0063】

発光素子12A、12Bから出力された光ビームの進行方向には、案内手段として、それぞれビームスプリッタ46A、46Bが配設されている。ビームスプリッタ46A、46Bは、透過光量と反射光量が予め定められた所定の分割比（例えば1：1の分割比）となるように、光ビームのうち所定光量を透過し、所定光量を反射する。なお、ビームスプリッタ46A、46Bは偏向ビームスプリッタ等の偏向光学機能を有させて、透過光と反射光の比率を自由に調整させてもよい。

## 【0064】

ビームスプリッタ46A、46Bを透過した光ビームの進行方向で、且つ光ビ

ームの光路が交差する位置には、合成分離手段として、所定波長の光ビームを透過し、別の所定波長の光ビームを反射する波長フィルタ 4 8 が配設されている。詳しくは、波長フィルタ 4 8 は、波長 $\lambda$  3 の光ビームを透過し、波長 $\lambda$  4 の光ビームを反射するようになっており、波長フィルタ 4 8 によって、発光素子 1 2 A、1 2 B から出力された波長の異なる 2 つの光ビームが合成される。なお、波長フィルタ 4 8 は、その他の波長帯についてはハーフミラーとして機能するようになっている。

## 【 0 0 6 5 】

この波長フィルタ 4 8 によって合成された光ビームは、開口 4 0 A に挿入された光ファイバ 1 8 の端部 1 8 A 側の端面に入射し、光ファイバ 1 8 内部を端部 1 8 B 方向へ伝送され、端部 1 8 B 側の端面から出力される。

## 【 0 0 6 6 】

なお、入出力モジュール 4 0 の光ビームの光路上に、例えば集光レンズを配置して光ビームを集光させて光ファイバ 1 8 に入射させたり、例えばコリメータレンズを配置して光ビームを平行光化し、光ファイバ 1 8 に当該光ファイバ 1 8 の光軸に平行な光束となって入射するようにして、光ファイバ 1 8 の端面での光量損失を低減させるようにしてもよい。

## 【 0 0 6 7 】

一方、光ファイバ 1 8 から入出力モジュール 4 0 へ入力された光ビームは、波長フィルタ 4 8 へ入射し、波長 $\lambda$  3 の光ビームは透過されて、ビームスプリッタ 4 6 A 方向へと進行し、波長 $\lambda$  4 の光ビームは反射されて、ビームスプリッタ 4 6 B 方向へと進行する。

## 【 0 0 6 8 】

波長 $\lambda$  3 の光ビーム、波長 $\lambda$  4 の光ビームは、それぞれビームスプリッタ 4 6 A、4 6 B によって予め定められた所定光量、例えば 1 : 1 の分割比で反射されて、受光素子 1 4 A、1 4 B 方向へ案内され、受光素子 1 4 A、1 4 B の受光面に入射する。なお、光量ロスによる通信安定性の低下を考慮しなくてもよい場合、例えば、発光素子の出力光量や送信する信号の重要度に応じて、両方或いは何れか一方の受光素子を対となる発光素子と並べて配設して、ビームスプリッタを

省略してもよい。

【0069】

コネクタ42は、外部装置側の入出力端子と接続可能となっており、外部装置と電気信号を入出力する。本実施の形態では、IEEE1394規格の端子と接続可能である場合、すなわち光送受信モジュール10がIEEE1394規格に則ったインタフェースとして使用可能となっており、具体的に、コネクタ42は、Data信号としてTPA、TPA\*の2つの電気信号、Strobe信号としてTPB、TPB\*の2つの電気信号の計4つの電気信号各々を外部装置と入出力するために4つのピン、及び光送受信モジュール10を駆動するための電源及びGNDの供給を外部装置から受けるための2つのピンの合計6つのピンを備えている（所謂6ピンコネクタ）。なお、電源及びGNDの供給用ピンを省略した4ピンコネクタとしてもよい。

【0070】

なお、本実施例では、IEEE1394規格を例に説明するが、本発明はこれに限定されるものではなく、IEEE1394規格の他にも、例えばGPIBやRS232C規格とすることもできる。

【0071】

コネクタ42の各ピンは、駆動・処理回路44に接続されており、駆動・処理回路44は、入出力モジュール40の発光素子12A、12B、受光素子14A、14Bと接続されている。

【0072】

駆動・処理回路44には、コネクタ42を介して、外部装置からTPA、TPA\*、TPB、TPB\*の各信号が入力される。駆動・処理回路44は、外部装置から入力された電気信号に基づいて、DATA信号用の点灯信号、及びStrobe信号用の点灯信号を生成すると共に、生成したDATA信号用の点灯信号及びStrobe信号用の点灯信号に基づいて、発光素子12A、12Bの駆動をそれぞれ制御する。

【0073】

また、駆動・処理回路44には、受光素子14A、14Bから受光信号が入力

される。駆動・処理回路44は、受光素子14A、14Bからの受光信号を処理することによって、TPA、TPA\*、TPB、TPB\*の信号を生成し、コネクタ42を介して、コネクタ42と接続された外部装置へと出力する。

【0074】

なお、光送受信モジュール10は、その駆動源、すなわち駆動・処理回路44、発光素子12、及び受光素子14の駆動には、コネクタ42を介して外部装置から供給された電源を用いる。

【0075】

上記のような構成の光送受信モジュール10内に、本発明を適用して光導波路50を作成する場合は、例えば、入出力モジュール40内に混合液30を満たして、光送受信モジュール10の入出力口16Aに光ファイバ18の端部18Aを貫通させて、入出力モジュール40の開口40Aに挿入し、端部18Aの先端をこの混合液30に漬ける。この状態で、発光素子12A、12Bを点灯させると、発光素子12Aから出力された光ビームは、そのうちの所定光量がビームスプリッタ46Aを透過して、波長フィルタ48に入射する。また、発光素子12Bから出力された光ビームは、そのうちの所定光量がビームスプリッタ46Bを透過して、波長フィルタ48に入射する。そして、発光素子12Aから出力された光ビームは波長フィルタ48を透過し、発光素子12Bから出力された光ビームは波長フィルタ48によって反射されることによって合成されて、光ファイバ18の端部18A側の端面に入射し、光ファイバ18内を伝送して、端部18B側の端面から出力される。

【0076】

そして、この光ファイバ18から出力された合成光の光量が略最大となるように、光ファイバ18の光入出力方向を調整した後、調整後の状態を維持しながら、短波長レーザ22Aを点灯する。

【0077】

この場合、短波長レーザ22Aから出力された光ビームLB2は、光ファイバ18B側の端面から入射し、光ファイバ18内を伝送して、光ファイバ18A側の端面から光入出力モジュール40内に充填されている混合液40内に出力され

る。そして、まず、波長フィルタ48に入射し、波長フィルタ48は光ビームLB2に対してはハーフミラーとして機能するので、一部を透過し、他の一部を反射する。すなわち、光ビームLB2は、波長フィルタ48によって、発光素子12A、12B方向へと分割され、発光素子方向12Aへと進行した光ビームLB2の一部は、そのうちの所定光量がビームスプリッタ46Aを透過して、発光素子12Aへとそのまま進行し、残りはビームスプリッタ46Aで反射されて受光素子方向14Aへと案内される。また、発光素子方向12Bへと進行した光ビームLB2の他の一部は、そのうちの所定光量がビームスプリッタ46Bを透過して、発光素子12Bへとそのまま進行し、残りはビームスプリッタ46Bで反射されて受光素子方向14Bへと案内される。

## 【0078】

このように、短波長レーザ22Aから出力された光ビームLB2は、波長フィルタ48、ビームスプリッタ46A、ビームスプリッタ46Bによって、発光素子12A、12B、受光素子14A、14Bへと分割されるので、混合液30中に、光ファイバ18の端部18Aから発光素子12A、発光素子12B、受光素子14A、及び受光素子14Bへと各々分岐するコア部50Aが形成される。

## 【0079】

続いて、紫外線ランプ22Bを点灯して、周囲から紫外線UVを照射して混合液30全体を硬化させてクラッド部50Bを形成する。これにより、光ファイバ18の先端と、発光素子12A、発光素子12B、受光素子14A、及び受光素子14Bとの各々間に、光ファイバ18と発光素子12A、発光素子12B、受光素子14A、及び受光素子14Bとを各々結合する光導波路50を形成することができる。

## 【0080】

このようにして光導波路50を形成することにより、ビッグテール型のIEE E1394規格に準拠した光送受信モジュール10を簡単に作成することができる。

## 【0081】

## 【発明の効果】

上記に示したように、本発明は、光導波路の形成後に光軸調整が不要であるという優れた効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施の形態に係わる光送受信モジュールの概略構成図である。

【図 2】 本発明の実施の形態に係わる光導波路自己形成装置の構成図である。

【図 3】 本発明の実施の形態に係わる混合溶液の分光感度特性図である。

【図 4】 本発明の実施の形態に係わる光導波路の形成手順を示す図である。

【図 5】 本発明の実施の形態に係わる光導波路の形成方法を示す概念図である。

【図 6】 図 5 の光導波路の形成方法を用いて作成された光送受信モジュールの接続例である。

【図 7】 光送受信モジュールの一例を示す詳細構成図である。

【符号の説明】

- 1 0 発光素子
- 1 2 受光素子
- 1 4 光送受信モジュール
- 1 6 筐体
- 1 8 光ファイバ
- 2 0 光導波路自己形成装置
- 2 2 光導波路形成用光源
  - 2 2 A 短波長レーザ
  - 2 2 B 紫外線ランプ
- 2 4 光検出器
- 2 6 光方向性結合器
- 2 8 光コネクタモジュール
- 3 0 混合液



5 0 光導波路

5 0 A      コア部

5 0 B      クラッド部

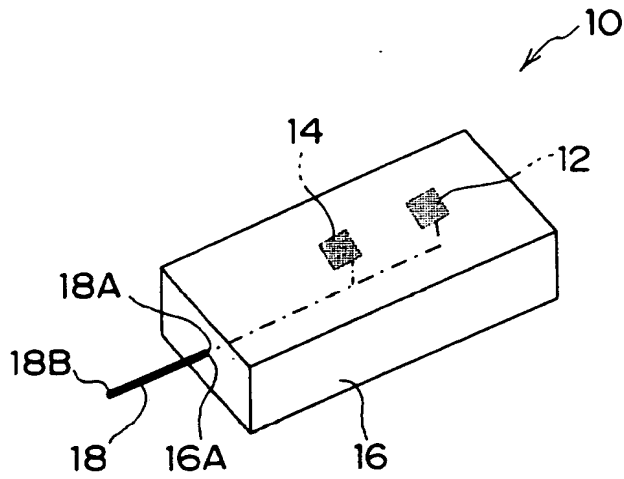
L B 1      光ビーム

L B 2      光ビーム

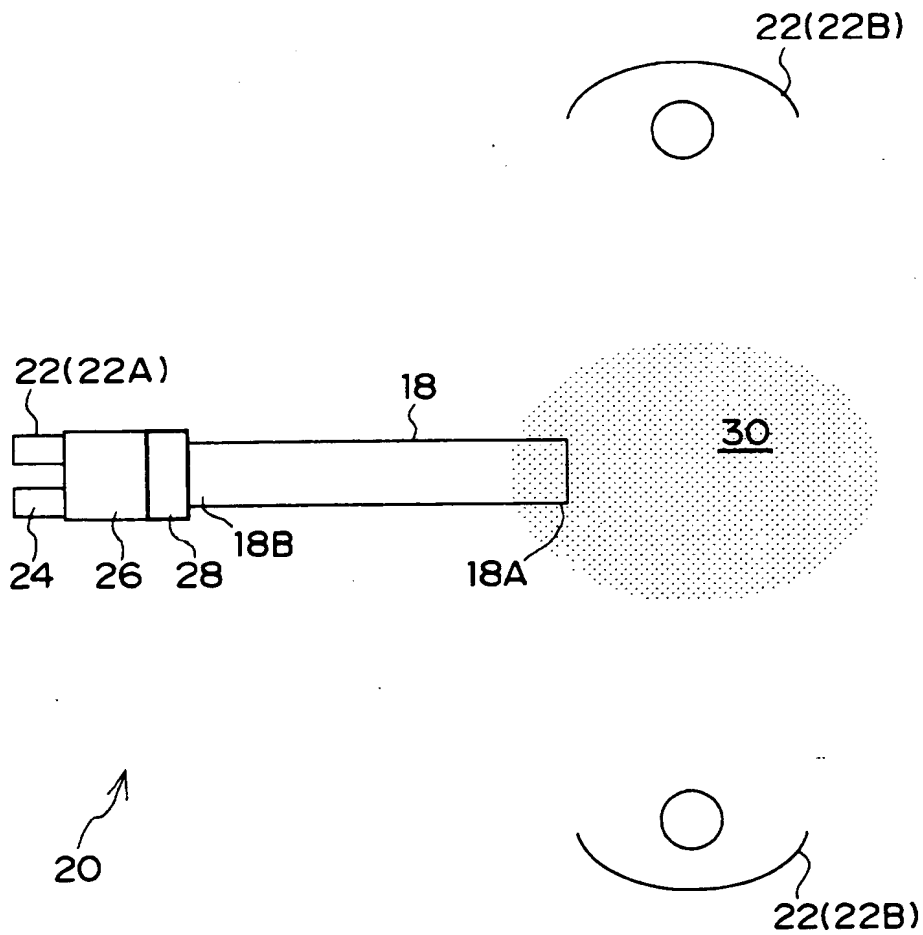
【書類名】

図面

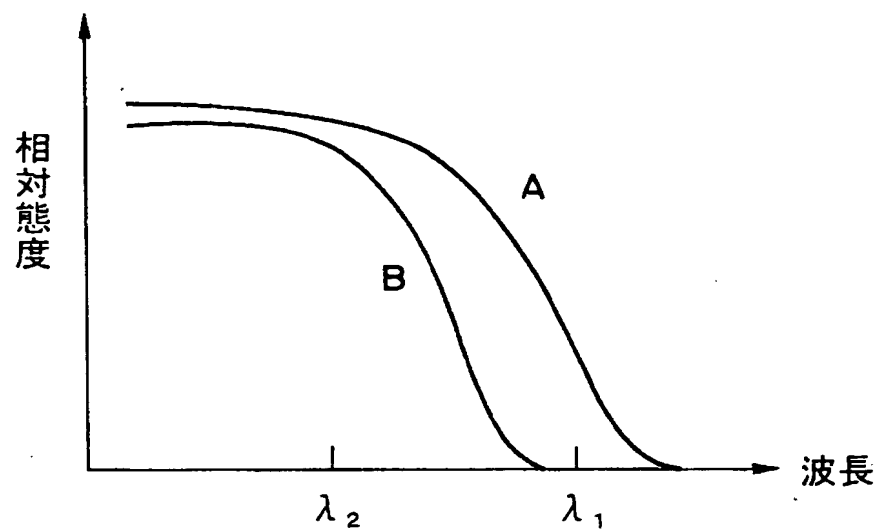
【図 1】



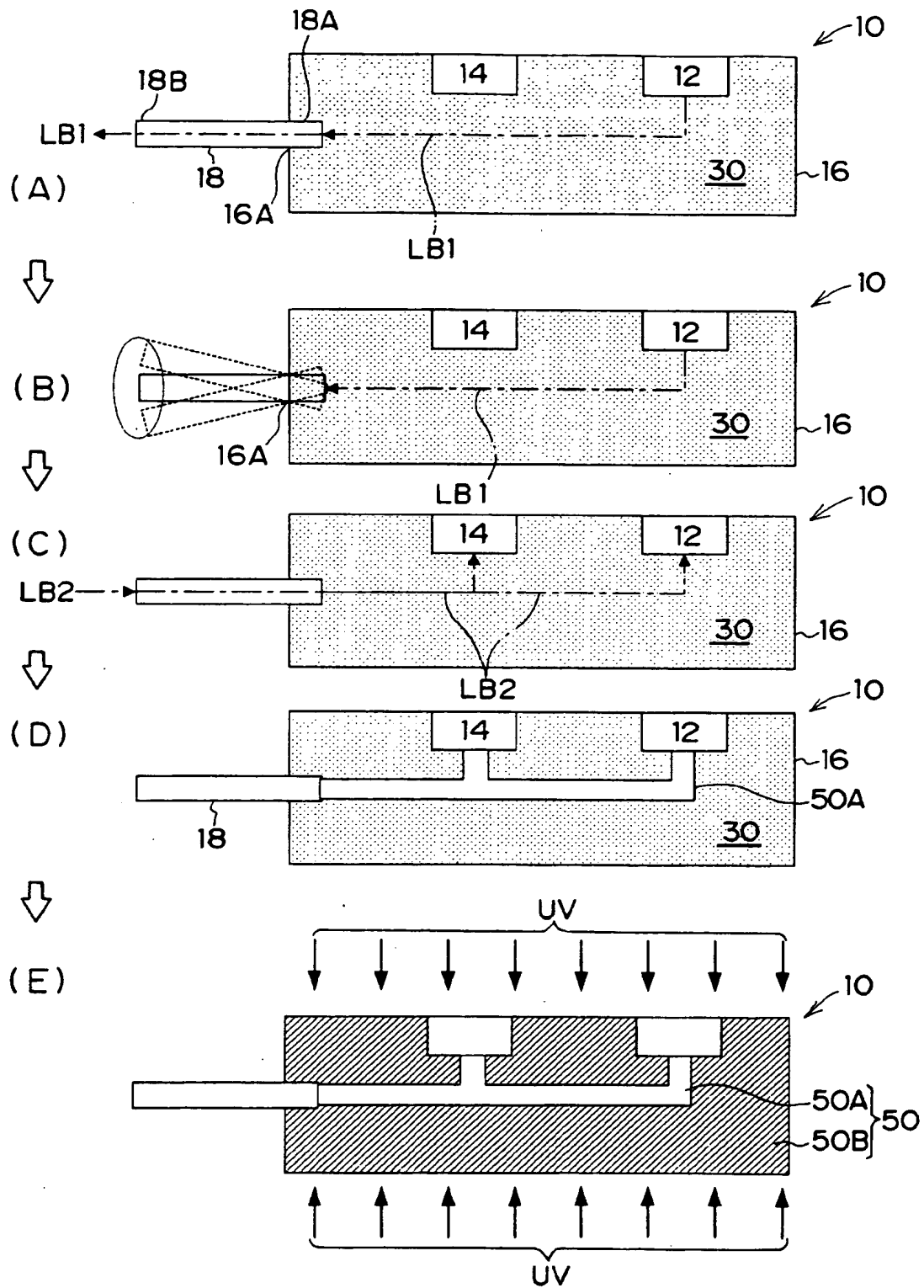
【図 2】



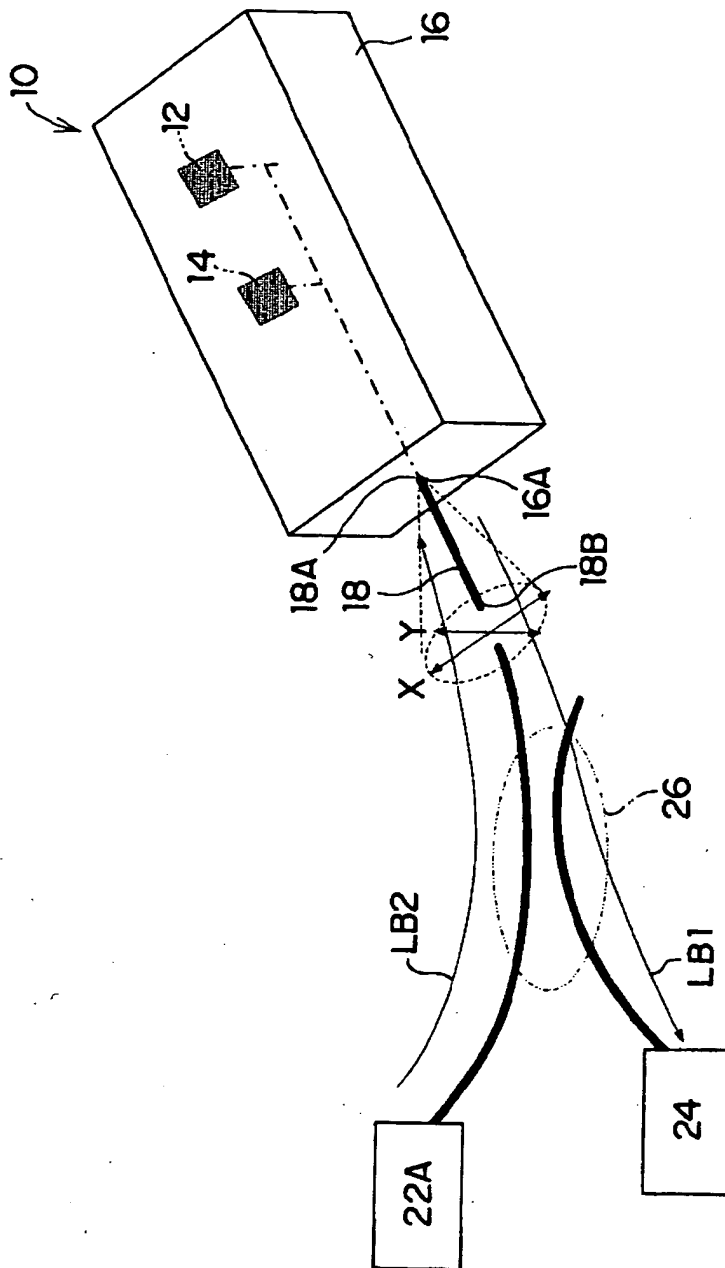
【図3】



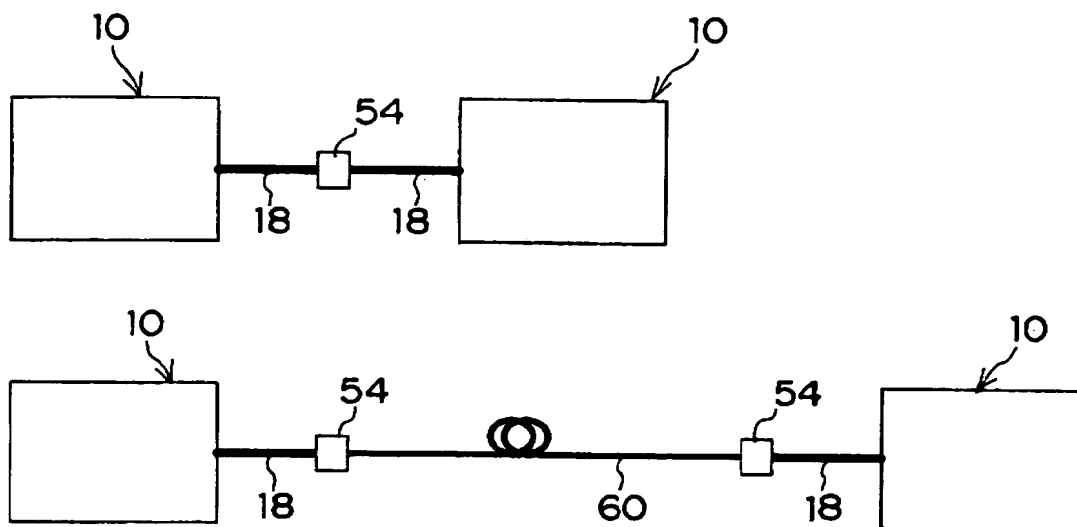
【図4】



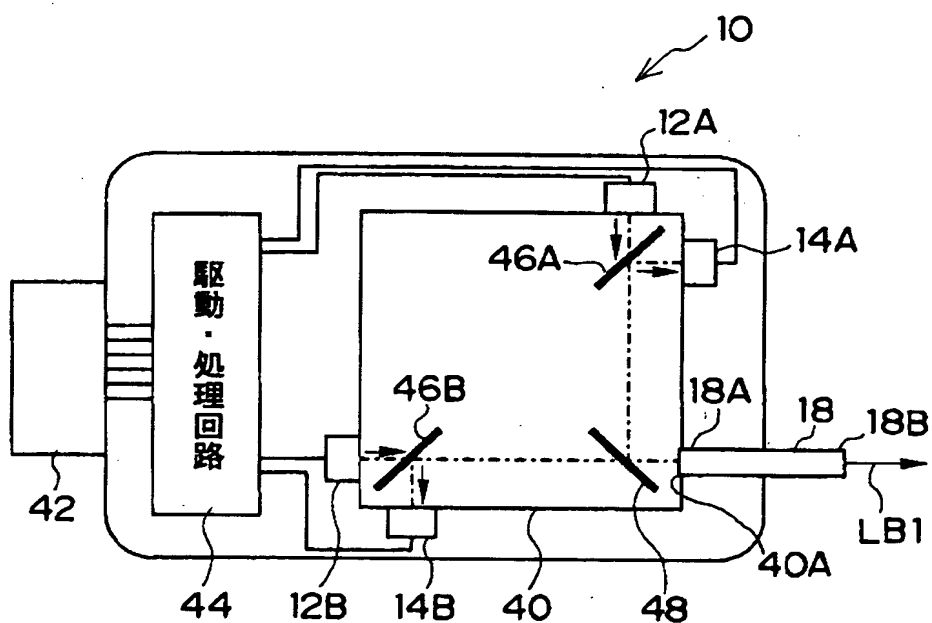
【図5】



【図 6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 作成後に光軸調整が不要な光導波路を作成する。

【解決手段】 光送受信モジュール 1 0 内の光導波路を形成したい領域に混合液を充填し、且つ光方向性結合器 2 6 によって、光入出力口 1 6 A から一端 1 8 A を光送受信モジュール 1 0 内に挿入した光ファイバ 1 8 の他端 1 8 B と、短波長レーザ 2 2 A 及び光検出器 2 4 を光学的に結合する。発光素子 1 2 から光ビーム L B 1 を出力させ、光ファイバ 1 8 を介して外部へ出力された光ビーム L B 1 の光量が略最大となるように、光ファイバ 1 8 を X - Y 方向に動かして、該光ファイバ 1 8 の光入出力方向を調整した後、短波長レーザ 2 2 A を点灯してコア部を形成し、続いて、紫外線ランプ 2 2 B からの紫外線 U V を混合液全体に照射してクラッド部を形成することで、光ファイバ 1 8 の先端と、発光素子 1 2 及び受光素子 1 4 との間に光導波路 5 0 を形成する。

【選択図】 図 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003609]

1. 変更年月日 1990年 9月 6日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1  
氏 名 株式会社豊田中央研究所



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000241463]

1. 変更年月日 1990年 8月 9日

[変更理由] 新規登録

住 所 愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地  
氏 名 豊田合成株式会社